2T

УДК 004.896:519.711

Е.А. Турченко, А.А. Шептура
Государственный университет информатики и искусственного интеллекта,
г. Донецк, Украина
yajenny4ka@rambler.ru

Разработка структуры системы поддержки принятия решений при управлении непрерывным литьем заготовок

В данной работе на основании анализа задач, решаемых при управлении машиной непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), классификации переменных, исследовании типов, мест и основных причин аварий, разработана структура системы поддержки принятия решений при управлении непрерывным литьем заготовок, которая осуществляет своевременное и достоверное обнаружение факторов риска, прогнозирует их развитие в течение определенного периода эксплуатации и вырабатывает рекомендации по устранению нештатных ситуаций.

Большинство существующих в настоящее время установок непрерывного литья заготовок, функционирующих на предприятиях, были спроектированы несколько десятилетий назад. Управление такими установками машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) осуществляется в автоматическом режиме на базе аппаратных средств автоматизации Simens с помощью промышленных контроллеров, стоящих на каждом объекте управления МНЛЗ. В случае возникновения нештатных ситуаций, управление установкой осуществляется в ручном режиме путем корректировки параметров оператором с пульта управления [1].

Главным недостатком таких систем является отсутствие либо некачественная работа блока диагностирования, в задачу которого входит выявление на ранних стадиях нештатных ситуаций. В связи с этим актуальными являются разработки АСУ МНЛЗ, которые решают задачи диагностирования и выявления неисправностей, предотвращения нештатного режима технологического процесса на ранних стадиях развития.

Устройство и основные принципы работы машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) рассмотрены в [2], [3]. Основные аварийные ситуации и их причины приведены в [4], [5].

Цель работы – разработать структуру системы поддержки принятия решений при управлении непрерывным литьем заготовок, которая позволит осуществлять своевременное и достоверное обнаружение факторов риска, прогнозировать их развитие в течение определенного периода эксплуатации и вырабатывать рекомендации по устранению нештатных ситуаций.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

- исследовать устройство и принципы работы МНЛЗ;
- провести анализ задач, решаемых при управлении непрерывным литьем, и классифицировать переменные;
- исследовать типы, места и основные причины аварий.

На рис. 1 представлена схема работы МНЛЗ. Из промежуточного ковша (1) через отверстия разливают сталь по шести медным гильзам (3) кристаллизатора (4), где

осуществляется первый этап охлаждения. После этого заготовка поступает на тянуще-правильный агрегат (6), который вытягивает заготовку из гильзы и осуществляется второй этап охлаждения – спрейерное охлаждение водой (5). Полученный слиток режется газорезкой (8), охлаждается и отправляется к заказчику.

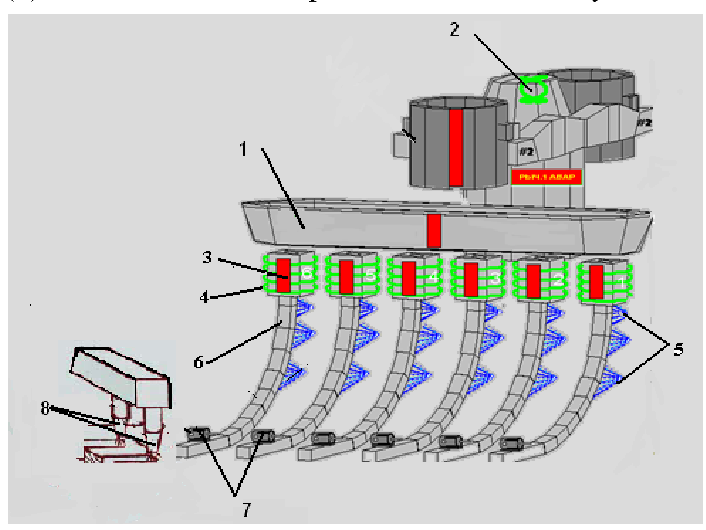


Рисунок 1 – Схема работы МНЛЗ:
1 – промежуточный ковш; 2 – поворотная башня; 3 – медная гильза;
4 – кристаллизатор (первый уровень охлаждения); 5 – спрейерное охлаждение водой (второй уровень охлаждения); 6 – тянуще-правильный агрегат; 7 – рольганг;
8 – газорезка

Анализ устройства и принципов работы МНЛЗ позволил выделить множество входных, выходных и управляющих переменных, а также сформировать задачи управления МНЛЗ на каждом этапе технологического процесса.

На первом этапе охлаждения входными переменными являются температура стали в промковше T_1 и марка стали M_c. В качестве выходных переменных выступает толщина d_i застывшей корки слитка стали в точках i кристаллизатора. Переменными управляющего воздействия являются: расход воды в кристаллизаторе R_1, скорость вытягивания слитка из кристаллизатора υ_1, температура воды охлаждения T_2. Задачей управления на первом этапе охлаждения является: обеспечение застывания слитка стали в кристаллизаторе в соответствии с технологией, то есть определить такие значения T_2, R_1, υ_1, чтобы толщина корки слитка стали d_i в определенных точках i кристаллизатора соответствовала нормативным значениям d_{in}. Формально постановка первой задачи первого этапа охлаждения имеет вид:

$$F_1 = \sum_i (d_i(\mathrm{T}_1, T_2, R_1, \upsilon_1, \mathrm{M}_c) - d_{in})^2 \underset{T_2, R_1, \upsilon_1}{\rightarrow} \min. \quad (1)$$

Второй задачей управления на первом этапе охлаждения является поддержка уровня металла h в гильзе кристаллизатора на заданном уровне h_n. Входными переменными являются температура стали в промковше T_1. В качестве выходной переменной выступает уровень металла в гильзе кристаллизатора h. Переменными управляющего воздействия является площадь сечения стопорного сечения в промковше $S_{сеч}$.

$$F_2 = (h(\mathrm{T}_1, S_{сеч}) - h_n)^2 \underset{S_{сеч}}{\rightarrow} \min. \quad (2)$$

На втором этапе охлаждения входной переменной является марка стали M_C. В качестве выходной переменной выступает толщина d_j застывшей корки слитка стали в

точках *j* тянуще-правильного агрегата. Переменными управляющего воздействия являются расход воды R_2 и температура воды T_2 при спрейерном охлаждении, скорость вытягивания слитка стали из гильзы кристаллизатора υ_2 и давление вытягивания тянущих клетей P. Задачей управления на втором этапе охлаждения является: обеспечение застывания слитка стали при спрейерном охлаждении водой в соответствии с технологией, то есть определить такие значения T_3, R_2, υ_2, чтобы толщина корки слитка стали d_j в определенных точках *j* соответствовала нормативным значениям d_{jn}. Формально постановка задачи для второго этапа охлаждения имеет вид:

$$F_3 = \sum_j (d_{y_j}(M_c, P, T_3, R_1, \upsilon_2) - d_{y_j})^2 \underset{P, T_3, R_1, \upsilon_2}{\rightarrow} \min. \qquad (3)$$

При функционировании МНЛЗ возможны различные аварийные ситуации. Типы, места и основные причины аварийных ситуаций представлены в табл. 1.

Анализ задач, решаемых при управлении, и аварийных ситуаций позволил разработать структуру и функциональную схему системы поддержки принятия решений (СППР) при управлении МНЛЗ. Структурная схема СППР представлена на рис. 2.

Таблица 1 – Основные аварийные ситуации во время непрерывного литья заготовок

Этап	Тип аварийной ситуации	Место аварийной ситуации	Причина
I	Шлакование стопорного отверстия	Промковш	Недостаточно высокая температура на дне промковша
II	Прилипание жидкой стали к стенкам медной гильзы	Кристаллизатор	Повышенное трение между поверхностью ручья и стенкой кристаллизатора, низкая частота качания
	Разрыв сляба	Кристаллизатор	Прилипания корки сляба к стенкам кристаллизатора. Быстрая скорость вытягивания слитка
	Деформация сляба	Кристаллизатор	Чрезмерное качание кристаллизатора
	Переливание стали через края кристаллизатора	Кристаллизатор	Нарушение регулирования положения стопора промковша
III	Деформирование слитка стали	Тянуще-правильный агрегат	Быстрая скорость вытягивания слитка

В состав СППР входят следующие подсистемы: диагностирования (блок 1), управления первым этапом охлаждения (блок 3), управление вторым этапом охлаждения (блок 4), блок анализа принимаемых решений (блок 2), база данных (БД) и лицо принимающее решение (ЛПР).

Подсистема диагностирования (блок 1) предназначена для выявления и прогнозирования различных аварийных ситуаций. На рис. 3 представлена функциональная схема подсистемы диагностирования. Из БД в блок 1.1 передаются данные *X*, собранные по каждому этапу технологического процесса, где осуществляется их нормирование и квантование.

Выходными переменными блока 1.1 являются обработанные и нормированные показатели $X^{'}$, которые передаются на вход блока 1.2, в котором осуществляется прогноз показателей уровня металла h_1 в гильзе кристаллизатора, толщина закристаллизо-

ванной корки слитка стали в гильзе кристаллизатора после первичного охлаждения водой d_i, толщина закристаллизованной корки слитка стали после вторичного охлаждения водой d_j.

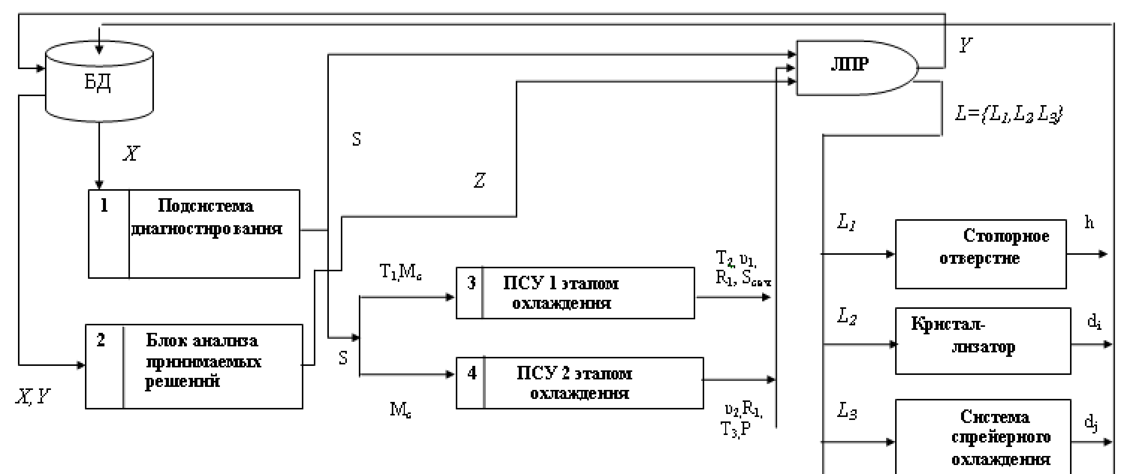


Рисунок 2 – Структурная схема системы поддержки принятия решений при управлении МНЛЗ в нештатных ситуациях

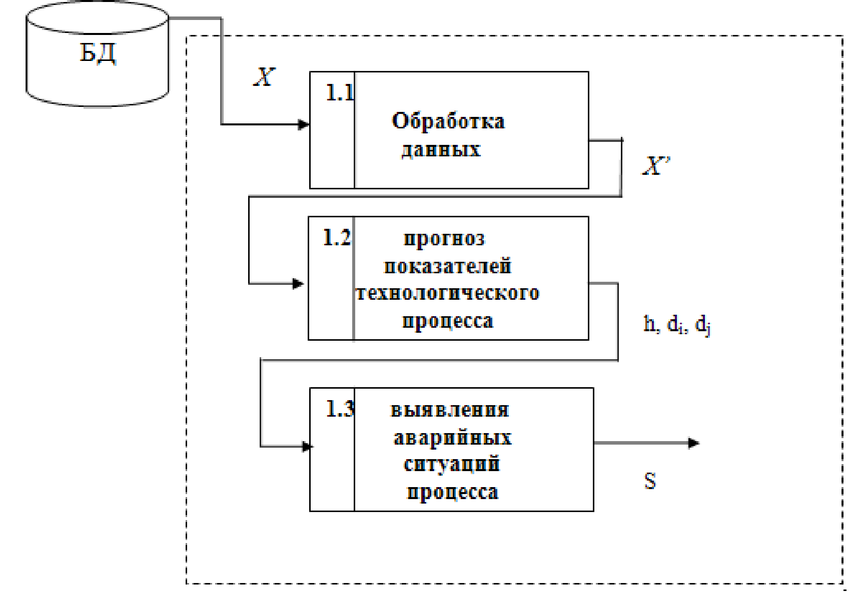


Рисунок 3 – Функциональная схема подсистемы диагностирования

На основе прогнозируемых значений, которые являются выходными переменными блока 1.2 и, соответственно, входными блока 1.3, осуществляется выявление аварийных ситуаций. Для этого прогнозируемые показатели сопоставляются с их предельно допустимыми значениями, которые приведены ниже:

– уровень стали h в промежуточном ковше: 500 мм $\le$ h $\le$ 1500 мм;

– уровень металла в медной гильзе h_1: 10 мм $\le h_1 \le$ 110 мм;

– толщина закристаллизованной корки слитка в зависимости от марки стали колеблется от 10,5 мм до 41, 5 мм: 10 мм $\le d_i \le$ 41 мм;

– толщина закристаллизованной корки слитка стали в зависимости от марки стали колеблется 41,5 мм до 85,3 мм: 41 мм $\le d_j \le$ 85 мм.

Результатом работы блока 1.3 является вектор состояний $\overline{S} =(S_1,S_2,S_3...S_8)$, где $\overline{S}_i$ – состояние *i* типа аварийной ситуации: *i=1* – перелив стали из промежуточного

ковша ($h \geq 1500$ *мм*), $i=2$ – нарушение непрерывности производства из-за низкого уровня жидкой стали в промежуточном ковше ($h \leq 500$ *мм*), $i=1$ – перелив металла из гильзы кристаллизатора ($h_1 \geq 110$ *мм*), $i=2$ – нарушение непрерывности производства из-за низкого уровня металла в гильзе кристаллизатора ($h_1 \leq 10$ *мм*), $i=2$ – разрыв слитка стали при вытягивании из гильзы кристаллизатора ($d_i \leq 10$ *мм*), $i=1$ – деформация слитка стали ($d_i \geq 41$ *мм*), $i=2$ – разрыв слитка стали при вытягивании тянуще-правильными клетями ($d_j \leq 41$ *мм*), $i=1$ – деформация слитка стали при вытягивании тянущими клетями ($d_j \geq 85$ *мм*). Переменные состояния $\overline{S}_i$ могут принимать значения от нуля до двух: 0 – отсутствие аварийной ситуации *i* типа, 1 – возможность появления аварийной ситуации *i* типа, 2 – аварийная ситуация *i* типа.

Информация о состоянии системы в виде вектора *S* передается ЛПР и в блоки 3, 4. В случае если вектор $\overline{S} \neq \overline{0}$, в блоках 3, 4 осуществляется решение задач управления (1), (2) и (3), соответственно. Результаты решения задач (1), (2) и (3) в качестве рекомендации по предупреждению аварийной ситуации передается ЛПР. ЛПР может принять рекомендации системы, либо нет. В случае если ЛПР принимает решение, которое отличается от рекомендаций системы, в блоке 2 осуществляется анализ принятых ЛПР решений. Для этого сопоставляются показатели технологического процесса, к которым привело управление ЛПР с показателями, которые могли быть получены при управляющих воздействиях, рекомендуемых системой. Результаты анализа принятых решений передаются ЛПР.

Выводы

Таким образом, на основании исследования устройства и принципов работы МНЛЗ, анализа задач, решаемых при управлении непрерывным литьем, а также исследовании типов, мест и основных причин аварий, разработана структура системы поддержки принятия решений при управлении непрерывным литьем заготовок. Разработанная структура позволяет осуществлять своевременное и достоверное обнаружение факторов риска, прогнозировать их развитие в течение определенного периода эксплуатации и вырабатывать рекомендации по устранению нештатных ситуаций, а также проверять оценку решений, принимаемых ЛПР.

Литература

1. Ткаченко В.Н. Основные функции компьютерной системы управления процессом непрерывной разливки стали / Ткаченко В.Н., Иванова А.А, Волуева О.С. // Научные труды ДонНТУ. – Вып. 88. – С. 63-69.
2. Каганов В.Ю. Машина непрерывного литья заготовок / Каганов В.Ю. – М., 1990. – 250 с.
3. Машины непрерывного литья слябовых заготовок / [Нисковских В.М., Карлинский С.Е., Беренов А.Д.]. – М., 1991. – 271 с.
4. Возможности автоматического предупреждения о прорывах на выходе кристаллизатора / Чумаков С.М., Делекторский Б.А., Сорокин А.Н., Евтеев А.П. // Сталь. – 1998. – № 5. – С. 22-26.
5. Автоматическое поддержание уровня металла в кристаллизаторе МНЛЗ / Анюхин М.Н., Полюляшный А.С., Новиков О.И., Яршин Ю.В. // Сталь. – 1995. – № 9. – С. 24-25.

E.O.Turchenko, O.O. Sheptura

Working out of the Decision-Making Support System at Continuous Casting Control

In the given work on the basis of the analysis of the problems which are solved at continuous casting machine control, classification of variables, research of types, places and principal causes of failures, the structure of making decision support system is developed at continuous casting control which carries out timely and authentic detection of risk factors, predicts their development in a current of the certain period of operation and develops recommendations about elimination of supernumerary situations.

Статья поступила в редакцию 15.10.2010.